

Title	自律神経切り替え補助装置 : James Dyson Award 2019
Author(s)	土屋, 文彦
Citation	令和元(2019)年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書
Issue Date	2020-06
oa:version	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/75999
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

2019年度大阪大学未来基金【住野勇財団】学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな氏名	つちや ふみひこ 土屋 文彦	学部 学科	工学部応用理工学科	学年	1 年
ふりがな 共同 研究者氏名	やまもり そうま / はっかく とおる 山森 壮馬 / 八角 透	学部 学科	工学部応用理工学科	学年	1 年
	よしだ たつや / わたなべ こうき 吉田 龍矢 / 渡部 公規		工学部応用理工学科		1 年
	／ほり ちさと PARK SE HO / 堀 千里		工学応用理工学科/医学部看護学科		1 年
アドバイザー教員 氏名	もりしま けいすけ 森島 圭祐	所属	工学部		

研究課題名

自律神経切り替え補助装置 -JamesDysonAward2019-

研究成果の概要

研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)

研究の動機

この研究はジェームズダイソン財団が主催する国際エンジニアリングアワードである「ジェームズダイソンアワード」に参加する目的で始まったものである。もともと、家庭から発生する生ゴミを用いて、バイオエタノールを生成し、エネルギー問題の解決を目指していたが、研究を進めるなかでイスラエルの企業が3年ほど前に研究を進めていたことが分かり、開発された装置も欠点がほとんど見つからない完成度であった。そこで、第二のアイデアを研究内容とした。アワードのテーマである「問題解決のアイデア」として現代人の自律神経の乱れを掲げ、その解決方法を考えた。

長期間にわたってストレスに晒され続けると内分泌系や自律神経の乱れを引き起こし、それ自体、あるいは乱れた生活習慣はうつ病、または肥満などの生活習慣病の原因となりうる。現代人は仕事や人間関係などで多くのストレスにさらされており、睡眠不足の人も多い。またパソコンやスマートフォンのブルーライトは夜に見ると体内時計を昼の状態に戻すことが知られており、これもまた自律神経の乱れの原因となる。よって自律神経の乱れを抑えることができればこれに起因する多くの問題の解決につながるはずである。

自律神経と心臓の拍動には関係があり、交感神経が優位なときには心臓は速く拍動し、逆に副交感神経が優位なときは心臓の拍動は遅くなる。そこで心臓の拍動を調整することで自律神経の調整もできると考えた。先行研究として周期的な音刺激が人の心拍周期に与える影響について研究したものが、このことから周期的な振動刺激を用いることでも人の心拍周期を調節できるのではないかと考えて研究を開始した。

プロダクトイメージ

上記の通り、自律神経と心臓の拍動には関係性が認められる。このことから私たちは、心拍数を制御することで自律神経を正常に働かせることができるのではないかと考えた。そこで、心拍数の制御方法として共振現象が使えるのではないかと推測した。共振現象は二つ以上の違う振動をする物体の振動が徐々に一つに揃う現象で、例えば、タイミングをずらした複数のメトロノームを固定

されていない台に置くという実験でもこの現象が確認できる。また、手を繋ぐ男女の心拍数が一致していることが確認されたという研究結果もある。この現象を有効的に用いることで心拍数の制御が可能なのではないかと仮定した。



実際の製品イメージとしては、左図のような腕時計のようなウェアラブルな形を想定している。ボタン操作で起動すると、裏側に設置されている振動モーターが、装着者の心拍数 $\times 0.9 \sim 1.1$ の振動数で振動する。これにより共振現象から、心拍数を制御する。

利用方法の例としては、例えば過度な緊張をしているケースでは、心拍数 $\times 0.9$ で振動することで、副交感神経への切り替えを促進し、緊張をほぐすことができる。同様に就寝前などに活用することで、社会問題となっている自律神経の乱れの改善につながるだろう。

実験

実験は次の手順で行った。

- ①被験者の心拍数を測定する。

心拍数の測定はスマートフォンの心拍数測定アプリケーションを用いて行った。

- ②被験者の心拍数に $0.9 \sim 1.1$ を乗じた振動数となるように振動モーターの振動数を設定する。

この時モーターは arduino を用いて制御し、1 サイクルにおいて振動している時間は 50ms で固定し、振動していない時間を増減させた。(以後この 1 サイクルを振動 1 回と呼ぶことにする)

- ③振動モーターを被験者の手首や首などに当てて 5 分間椅子に座り安静にさせておく。

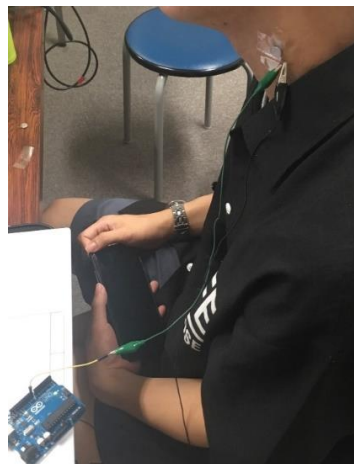
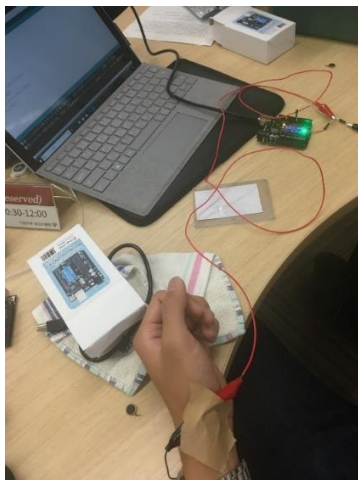
装着場所としての候補は、心臓に振動が伝わりやすいと仮定し、動脈付近の数カ所を選んだ。

- ④被験者の心拍数を測定する。

これが、 $|(モーターの振動数)-(後の心拍数)| \leq 5$ かつ

$|(モーターの振動数)-(後の心拍数)| \leq |(前の心拍数)-(後の心拍数)|$

を満たしているとき成功とみなす



←実験の様子→

結果

成功したものには＊を付している

最初の心拍数	モーターの振動数	後の心拍数
66	60	* 62
77	70	80
75	60	72
73	67	* 70
68	62	71
66	63	* 62
70	66	* 63
69	66	* 67
83	60	81
62	57	67
60	57	* 58
61	55	62
64	60	54
82	60	80
73	70	66
66	60	* 65
78	70	* 73
75	80	68
63	69	* 66
73	80	70
70	76	* 74
70	77	* 75
61	67	43
63	69	79
67	73	66
59	71	57
53	58	* 62
71	77	* 73

心拍数を下げること为目标に 17 回、上げることを目标に 11 回実験を行ったところ心拍数を下げようとした時に成功したのは 8 回 (47%) 上げようとしたときに成功したのは 5 回 (45.4%) となった。今回の実験のうち 4 回はモーターの振動数を前の心拍数の 0.9~1.1 から大きく離れた振動数にして実験を行ったがその 4 回はすべて失敗しており、拍動は自身の周期と大きく離れた周期をもつ振動刺激には特に同調しにくいと思われる。それを除くと心拍数下げ成功率、上げ成功率はそれぞれ 57.1%、50%となるがそれでも成功率は低く、結果としてこの実験で与えた振動では拍動は同調しにくいと思われる。

失敗の原因

今回の測定で有意な結果が得られなかった理由としてはいくつか考えられる。

① 実験回数が少なすぎた。

今回実験を 28 回しか行うことができなかった。主な理由としては、JDA 提出までの所要時間がとても限られていたためである。

② 振動があまりにも弱すぎた。

振動は意識しないと感じられず、ほかの作業をしていると全く感じられなかった。いくつかのモーターで試作したが、プログラムの構築ができず、うまく調整できなかった。また、写真のようにテープで固定していたため、時間経過につれて少しずつ皮膚と密着感が弱まり、よりいっそ弱い振動のみが伝わってしまった。

③ 与えた振動が実際の心臓の拍動の再現として程遠いものだった。

拍動はパルス波に近いが、振動モーターで与える振動は携帯電話等のバイブレーションと同じものであり、また後述の $1/f$ ゆらぎも全く再現できていなかった。

④ 拍動の $1/f$ ゆらぎに起因する問題が考えられる。

拍動には「 $1/f$ ゆらぎ」という周期的なゆらぎがあることが知られており、拍動の時間間隔は一定ではない。具体的には心拍数が少ないときはこのゆらぎが大きく、心拍数が多いときはこのゆらぎは小さくなる。またそのゆらぎの大きさには個人差があることも知られている。音刺激が心拍に与える影響について調べた先行研究においてもこのゆらぎがある時の方が拍動周期が音刺激の周期に同調しやすいという結果が得られている。さらに、心拍数測定時に用いたアプリケーションが 1 回の拍動周期の逆数を心拍数として測定する仕組みのものであったならば、このゆらぎのために適切な心拍数を表示できていなかった可能性もある。そもそも $1/f$ ゆらぎには人の心を落ち着かせ、リラックスさせる効果があることも知られているため、これを再現できなかったことは 1 つ大きな原因であると言える。

⑤ 仮説の立証不足

今回の開発研究においては、共振現象が基盤となっているが、この共振現象がモーターの振動と心拍にも適用できるのか、また手首の動脈付近に装着することで実際に制御可能なのかなどの根本部分の立証が不十分だったと考察できる。

⑥ 専門的知識不足

メンバー全員が一回生ということもあり、十分な知識がないままの挑戦であった。そのため、振動装置も簡易的なもので留まってしまった。

これらの問題を解決するアイデア

これらの問題を解決する方法を仮説の段階に過ぎないが考察する。

③→より精密な制御ができるステッピング振動モーターをうまく使えば心臓の拍動と似た振動を与えられるかもしれない。

④→ $1/f$ ゆらぎについてはゆらぎにも周期があることが知られているので振動が起こる間隔を数 ms ～数十 ms 程度振動 1 回ごとにずらしそれを 10 回程度のサイクルで繰り返すようなプログラムで制御すれば実際の心拍がもつゆらぎを再現できるかもしれない。

最後に

これまで述べた通り今回の研究では有意な結果は得られなかった。これは、上に列挙した研究過程における問題点が示しているように、知識不足や不十分な計画性によるところも大きい。しかし、今回

の取り組みを通じて、研究における問題点や必要な知識、エンジニアリング大会や製品開発に取り組む上で求められるデザイン、アイデアとは何かについて考えることができた。

参考文献

心拍動間隔の変動を用いた音刺激が人の心拍動間隔の変動に与える影響

(小川 梢 , 芝 垣 佑 美 , 萩 原 啓)

The role of touch in regulating inter-partner physiological coupling during empathy for pain

(Pavel Goldstein, Irit Weissman-Fogel, Simone G. Shamay-Tsoory)